

KARAKTERISASI GEOKIMIA BATUAN PENGAPIT LAPISAN BATUBARA

¹⁾Herry Setia Wahyudi*, ²⁾Ginting Jalu Kusuma dan ³⁾Edy Jamal Tuheteru

¹⁾Direktorat Teknik dan Lingkungan, Kementerian ESDM (penempatan provinsi Kalimantan Barat)

²⁾Prodi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung

³⁾Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Trisakti

*E-mail: bistravoda1987@gmail.com

Abstrak

Penambangan batubara dapat mempercepat proses terbentuknya air asam tambang (AAT). AAT merupakan limbah hasil kegiatan pertambangan yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan karena memiliki tingkat keasaman yang tinggi sehingga dapat dengan mudah melarutkan berbagai logam. Dalam rangka penerapan kaidah teknik pertambangan yang baik, regulasi telah mewajibkan perusahaan tambang untuk melakukan kajian terhadap potensi pembentukan AAT saat menyusun dokumen studi kelayakan. Kajian yang dilakukan dapat berupa studi geokimia untuk mengetahui karakteristik batuan dalam menghasilkan asam atau yang dikenal dengan karakterisasi geokimia batuan. Karakterisasi geokimia batuan ditentukan berdasarkan data uji statik yang dikonfirmasi dengan hasil uji kinetik. Empat sampel batuan pengapit batubara yakni ABC 01, ABC 02, ABC 03 dan ABC 04 diambil untuk dilakukan pengujian skala laboratorium. Dari hasil pengujian, sampel ABC 01 dan ABC 03 dikategorikan sebagai batuan yang berpotensi menimbulkan asam (PAF) sedangkan sampel ABC 02 dan ABC 04 termasuk batuan yang tidak berpotensi menimbulkan asam (NAF). Meskipun berdasarkan kriteria penapisan hasil uji statik keempat sampel tergolong PAF, namun dari hasil uji kinetik, hanya sampel ABC 01 dan ABC 03 yang memiliki nilai pH yang sesuai dengan pH AAT, yakni < 4 . Uji kinetik merupakan simulasi proses oksidasi dan pelindian batuan yang terjadi di lapangan, sehingga hasil uji kinetik lebih diyakini tingkat kebenarannya dibandingkan hasil uji statik. Hasil dari karakterisasi batuan ini dapat digunakan sebagai acuan dalam penanganan AAT yang terbentuk pada kegiatan penambangan batubara

Kata kunci: air asam tambang, lingkungan pertambangan, kaidah teknik pertambangan yang baik

Abstract

Coal mining can accelerate the process of forming acid mine drainage (AMD). AMD is a waste from mining activities which is harmful to human and environment since it has high acidity that can easily dissolve various metals. In the implementation of good mining practice, mining companies are required to conduct a study of AMD when compiling a feasibility study. Mining companies can conduct rock geochemical characterization studies to determine the characteristics of rocks in producing acid. Rock geochemical characterization was determined based on static test confirmed by kinetic test result. The laboratory scale test takes four samples of coal overburden, namely ABC 01, ABC 02, ABC 03, and ABC 04. The test outcomes resulted in two categories, namely ABC 01 and ABC 03 as potentially acid forming (PAF), while ABC 02 and ABC 04 were not acid forming (NAF). Although screening criteria from the static test show that all samples are PAF, based on the kinetic test, only ABC 01 and ABC 03 are classified as PAF since their pH is < 4 . The kinetic test simulates the rock oxidation and leaching processes in mining. The results show that the kinetic test is more reliable than the static test, so the geochemical characterization of rock can be a reference in the management of AMD.

Keywords: acid mine drainage, mining environment, good mining practice

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara pengekspor batu bara terbesar di dunia. Berdasarkan data dari *worldstoexports.com*, pada tahun 2021, Indonesia menduduki peringkat ke 2 sebagai negara pengekspor batu bara di dunia. Untuk memenuhi kebutuhan ekspor tersebut, Indonesia melakukan kegiatan penambangan batu bara secara besar-besaran. Kegiatan penambangan tersebut sebagian besar dilakukan dengan sistem tambang terbuka dengan metode *open pit*. Kegiatan utama penambangan batubara dengan sistem tambang terbuka adalah penggalian batubara dari batuan pengapitnya. Batuan pengapit batubara tersebut dapat mengandung mineral sulfida terutama pirit (FeS_2), sehingga ketika terpapar oleh udara dan air akan menghasilkan air yang bersifat asam dari asam sulfat sebagai hasil reaksi oksidasi senyawa sulfida yang dibantu oleh aktifitas mikroba, atau yang dikenal dengan istilah air asam tambang (Gautama, 2014).

Air asam tambang (AAT) merupakan limbah hasil kegiatan pertambangan yang berbahaya bagi lingkungan hidup. Dengan tingkat keasamannya yang tinggi (sering ditandai dengan nilai pH yang rendah, di bawah 5), AAT dengan mudah melarutkan berbagai logam seperti besi (Fe), kadmium (Cd), mangan (Mn), dan seng (Zn). Hal ini menyebabkan konsentrasi logam terlarut dalam AAT sangat tinggi sehingga dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Ketika AAT mengalir ke badan perairan, maka akan terjadi penurunan kualitas air yang akan berdampak pada biota air dan masyarakat yang tinggal di sekitar badan perairan tersebut. Dampak bagi masyarakat yang menggunakan air yang tercemar AAT adalah timbulnya penyakit seperti iritasi kulit dan gangguan sistem pencernaan akibat tingginya keasaman dan konsentrasi logam yang terkandung didalamnya.

Dalam rangka penerapan kaidah teknik pertambangan yang baik, maka berdasarkan regulasi yang berlaku (Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik), perusahaan tambang berkewajiban untuk melakukan kajian AAT pada saat menyusun dokumen studi kelayakan. Kajian AAT juga wajib dilakukan oleh perusahaan tambang sebagai bentuk dari upaya pengelolaan lingkungan hidup, sejak tahapan eksplorasi, penambangan hingga pascatambang. Kajian AAT yang dilakukan dapat berupa studi geokimia batuan yang bertujuan untuk mengetahui karakterisasi batuan, apakah batuan tersebut tergolong batuan yang berpotensi menimbulkan asam (*potentially acid forming/PAF*) atau batuan yang tidak berpotensi menimbulkan asam (*non-acid forming/NAF*). Hasil dari karakterisasi geokimia batuan tersebut dapat dijadikan acuan dalam upaya pencegahan pembentukan AAT maupun upaya penanggulangan AAT yang akan terbentuk pada kegiatan penambangan batubara.

B. METODOLOGI

Karakterisasi geokimia batuan dilakukan lewat pengujian sampel batuan di laboratorium dengan uji statik dan uji kinetik. Sampel batuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel batuan pengapit lapisan batubara yang berasal dari *low wall* pit XYZ, PT. ABC. Pengambilan sampel dilakukan secara *grab sampling* pada 4 lokasi yang dianggap mewakili kondisi litologi dan stratigrafi pit XYZ. Deskripsi sampel batuan tersebut dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Deskripsi Sampel Batuan.

No	Kode Sampel	Tipe Batuan	Zona UTM	Koordinat	
				mN	mE
1	ABC 01	Claystone	50N	0565106	0064563
2	ABC 02	Claystone	50N	0565323	0064713
3	ABC 03	Claystone	50N	0565066	0064659
4	ABC 04	Claystone	50N	0564202	0063541

Uji Statik

Uji statik dirancang untuk menghitung neraca antara komponen pembentuk asam, yaitu mineral sulfida, dan komponen pengkonsumsi asam, yaitu mineral karbonat. Uji statik yang dilakukan terdiri dari beberapa rangkaian pengukuran terpisah yang mengacu pada standar *AMIRA International ARD Test Handbook P381A*, meliputi:

- 1 Uji pH pasta (*paste pH*)
Paste pH diperoleh dari pengukuran pH yang terbentuk dari campuran air bebas ion (*deionised water*) dan sampel batuan dengan perbandingan berat 1:2 (sampel batuan banding air bebas ion) setelah dibiarkan selama 12-16 jam (atau semalaman). Uji ini bertujuan untuk mengetahui interaksi batuan saat pertama kali tersingkap dan bereaksi dengan air.
- 2 Uji Pembentukan Asam Neto (*Net Acid Generation/NAG test*)
NAG test merepresentasikan jumlah bersih dari asam yang dihasilkan dari sampel batuan. Dari *NAG test* diperoleh nilai Nilai *NAG pH* yang diperoleh dari pengukuran pH larutan setelah sampel direaksikan dengan larutan H_2O_2 dan dipanaskan hingga seluruh mineral sulfidanya habis bereaksi.
- 3 Neraca Asam Basa (*Acid Base Accounting/ABA*).
ABA dilakukan untuk mengetahui potensi batuan dalam membentuk asam melalui penentuan secara independen komponen yang dapat membangkitkan asam dan komponen yang dapat menetralkan asam. Uji komponen yang dapat membangkitkan asam adalah penentuan total sulfur (TS). Sementara komponen yang dapat menetralkan asam ditentukan melalui uji kapasitas penetral asam (*acid neutralizing capacity/ANC*). Dari pengujian tersebut, dapat dihitung nilai potensi keasaman maksimum (*Maximum Potential Acidity/MPA*) dan potensi pembentukan asam neto (*Net Acid Producing Potential/NAPP*).

- Total Sulfur (TS)

Dengan *Leco Sulphur Analyze*, sampel sebanyak 0,01 - 0,1 gram dipanaskan dengan suhu 1350 °C dalam tungku induksi sambil dialirkan oksigen kedalamnya. Selama pemanasan, akan dihasilkan sulfur dioksida dan diukur dengan sistem deteksi (*infrared*). Kandungan sulfur total didekati dari jumlah sulfur dioksida yang dihasilkan tersebut.

- Acid Neutralizing Capacity (ANC)

ANC diperoleh dengan cara mereaksikan sampel batuan dengan larutan HCl standar pada kondisi panas kemudian didinginkan dan dititrasi balik dengan menggunakan NaOH untuk menentukan jumlah HCl yang dikonsumsi dari reaksi yang terjadi. Banyaknya larutan HCl yang direaksikan dengan sampel batuan ditentukan dari *Fizz Rating*. *Fizz rating* ditentukan dengan melihat secara fisik reaksi yang terjadi berupa gelembung saat sampel batuan direaksikan dengan HCl.

- Maximum Potential Acidity (MPA)

MPA adalah kemampuan bawaan batuan untuk membentuk asam, yang dihitung dengan cara mengalikan persentase total sulfur dengan 30,62 sebab kandungan sulfur sebesar 1% dalam batuan sebanyak 1 ton akan menghasilkan asam sulfat sebanyak 30,62 kg, yang dirumuskan:

$$MPA = TS \times 30.62 \quad (1)$$

Pada persamaan 1 diatas menunjukkan bahwa *MPA* adalah *Maximum Potential Acidity* (kg H_2SO_4 /ton) dan *TS* adalah *Total Sulfur* (%).

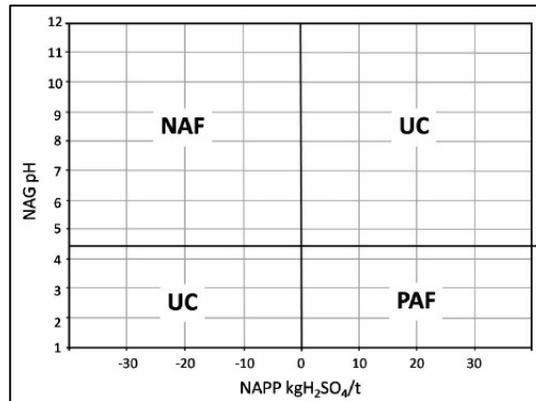
- Net Acid Producing Potential (NAPP)

NAPP merupakan suatu indikator untuk menentukan apakah batuan berpotensi untuk menghasilkan asam atau tidak. *NAPP* ditentukan dengan mengurangkan nilai *MPA* dari *ANC*, yang dirumuskan:

$$\text{NAPP} = \text{MPA} - \text{ANC} \quad (2)$$

Pada persamaan 2 diatas menunjukkan bahwa NAPP adalah *Net Acid Producing Potential* (kg H₂SO₄/ton), MPA adalah *Maximum Potential Acidity* (kg H₂SO₄/ton) dan ANC adalah *Acid Neutralizing Capacity* (kg H₂SO₄/ton).

Dari nilai NAPP dan NAG pH hasil uji statik, dapat ditentukan “kriteria penapisan” untuk mengetahui apakah sampel batuan berpotensi menghasilkan asam atau tidak. Kriteria penapisan ditentukan berdasarkan grafik antara NAPP pada sumbu x atau absis dan NAG pH pada sumbu y atau ordinat, seperti dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Kriteria Penapisan Berdasarkan nilai NAG pH dan NAPP.

Perpotongan antara kedua sumbu akan menghasilkan empat kuadran, yaitu:

- Kuadran II, NAPP < 0 dan NAG pH > 4,5, sampel tergolong NAF.
- Kuadran IV, NAPP > 0 dan NAG pH < 4,5, sampel tergolong PAF.
- Kuadran I dan III menunjukkan hasil yang tidak konsisten antara kedua metode, sampel digolongkan sebagai “tidak tentu” (*uncertain*)

Uji Kinetik

Uji kinetik dilakukan untuk menegaskan hasil uji statik dan memberikan gambaran mengenai laju oksidasi dan kualitas air lindian (*leachate*) yang terjadi jangka panjang. Pada penelitian ini, uji kinetik dilakukan dengan metode *Free Draining Column Leach Tes* (FDCLT). Sebanyak 1200 gram sampel batuan yang terdiri dari beberapa fraksi ukuran butir seperti ditunjukkan pada tabel 2, dimasukkan ke dalam *Buchner funnel* berdiameter 15 cm dengan tinggi 7 cm yang sudah dilapisi kertas saring.

Tabel 2. Fraksi Ukuran Butir Uji Kinetik.

Fraksi Ukuran Butir	Diameter (mm)	Berat per Fraksi (kg)
+4#	6,73	0,20
+6#	4,76	0,20
+8#	3,36	0,20
+14#	2,38	0,20
+20#	1,41	0,20
+28#	0,84	0,20
Total		1,20

Buchner funnel diletakkan pada rak yang dilengkapi dengan lampu dan labu *Erlenmeyer* untuk menampung air lindian (*leachate*), seperti dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Uji Kinetik dengan Metode *Free Draining Column Leach Test*.

Pada metode ini, sampel akan mengalami siklus basah dan kering secara bergantian yang meliputi siklus harian (28 hari), siklus 3 harian (30 hari), siklus mingguan (56 hari), dan siklus 2 mingguan (56 hari). Siklus basah dilakukan dengan penyiraman air destilat (aquades) ke sampel batuan sedangkan siklus kering dilakukan dengan penyinaran sampel batuan dengan lampu pijar sesuai dengan temperatur dan lama penyinaran matahari. Air lindi hasil penyiraman selanjutnya ditampung dan diukur volume, suhu dan parameter pH, potensial oksidasi reduksi (*Oxidation Reduction Potentia/ORP*) dan total padatan terlarut (*Total Dissolved Solid/TDS*).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

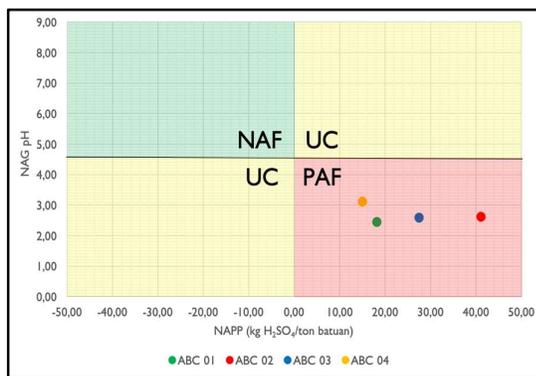
C.1. Hasil dan Interpretasi Uji Statik

Pada penelitian ini, uji statik dilakukan di laboratorium Analisis Mineral dan Batubara, Institut Teknologi Bandung. Hasil uji statik sampel batuan dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Statik Sampel Batuan.

Sampel	pH	NAG	TS	MPA	ANC	NAPP
	Pasta	pH	%	kg H ₂ SO ₄ /ton batuan		
ABC 01	4.63	2.45	0.59	18.12	0,00	18.12
ABC 02	5.89	2.62	1.45	44.39	3.36	41.03
ABC 03	2.72	2.60	0.90	27.44	0,00	27.44
ABC 04	5.89	3.11	0.61	18.71	3.83	14.89

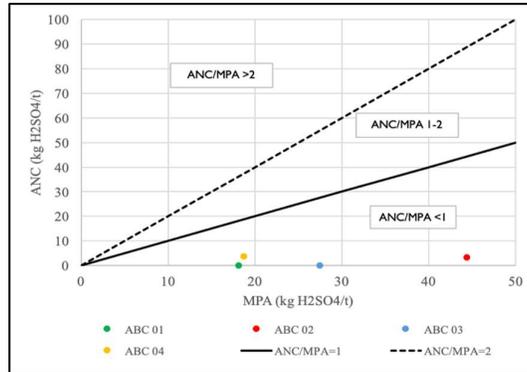
Berdasarkan nilai NAG pH dan NAPP sampel batuan seperti ditunjukkan pada tabel 3, dapat dibuat grafik kriteria penapisan seperti ditunjukkan pada gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Kriteria Penapisan Sampel Batuan.

Dari gambar 3 diatas, keempat sampel batuan memiliki nilai NAG pH < 4,5 dan NAPP > 0 (bernilai positif) sehingga keempat sampel batuan tersebut digolongkan sebagai material pembangkit asam (PAF).

Dari nilai ANC dan MPA pada tabel 3 dapat pula dibuat grafik perbandingan seperti ditunjukkan pada gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Perbandingan ANC terhadap MPA.

Berdasarkan grafik diatas, keempat sampel batuan memiliki rasio ANC terhadap MPA kurang dari satu yang berarti bahwa kemampuan menetralkan asam lebih kecil dari kemampuan pembangkit asam, sehingga keempat sampel batuan digolongkan sebagai PAF.

C.2. Hasil dan Interpretasi Uji Kinetik

Uji kinetik pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lingkungan Tambang, Institut Teknologi Bandung. Hasil uji kinetik berupa data parameter pH, ORP dan TDS.

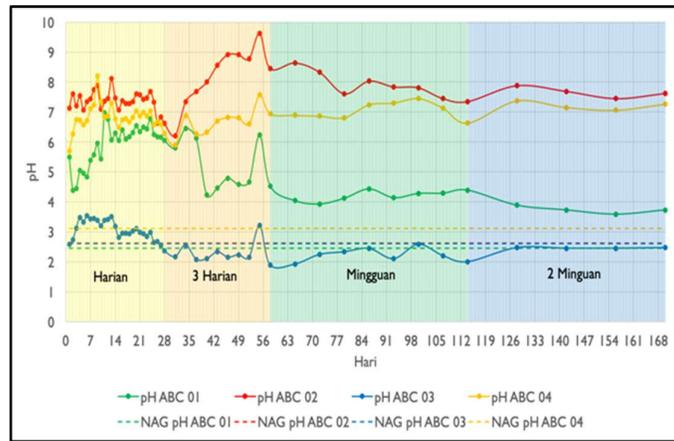
Parameter pH

Hasil pengukuran pH air lindian untuk setiap siklus penyiraman dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai pH Uji Kinetik.

Sampel	Siklus	pH		
		pH Min	pH Max	pH Rata-Rata
ABC 01	Harian	4,39	6,97	5,92
	3 Harian	4,23	6,45	5,19
	Mingguan	3,93	4,43	4,20
	2 Mingguan	3,59	3,89	3,74
ABC 02	Harian	6,62	8,12	7,36
	3 Harian	6,21	9,63	8,25
	Mingguan	7,35	8,64	7,88
	2 Mingguan	7,45	7,88	7,66
ABC 03	Harian	2,36	3,54	3,05
	3 Harian	1,89	3,21	2,29
	Mingguan	1,92	2,58	2,23
	2 Mingguan	2,45	2,47	2,46
ABC 04	Harian	5,69	8,20	6,28
	3 Harian	5,89	7,57	6,68
	Mingguan	6,63	7,45	7,04
	2 Mingguan	7,06	7,37	7,21

Berdasarkan tabel 4, secara umum nilai pH keempat sampel cenderung tidak stabil, terutama untuk siklus harian dan 3 harian. Hal ini disebabkan oleh terjadinya proses pencucian hasil oksidasi sebelumnya atau *initial flushing condition*. Namun memasuki siklus mingguan, nilai pH untuk keempat sampel cenderung stabil seperti dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengukuran Nilai pH Uji Kinetik.

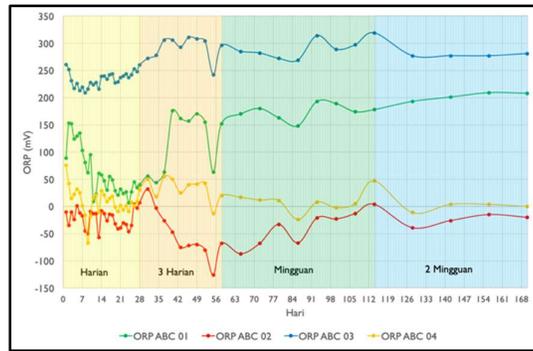
Parameter ORP

Untuk hasil pengukuran parameter ORP air lindian (*leachate*), diperoleh data seperti ditunjukkan pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai ORP Uji Kinetik.

Sampel	Siklus	ORP (mV)		
		ORP Min	ORP Max	ORP Rata-Rata
ABC 01	Harian	7,00	153,00	61,64
	3 Harian	44,00	176,00	119,80
	Mingguan	148,00	193,00	174,38
	2 Mingguan	193,00	209,00	202,75
ABC 02	Harian	-57,00	7,00	-22,11
	3 Harian	-126,00	32,00	-53,50
	Mingguan	-87,00	4,00	-38,50
	2 Mingguan	-39,00	-15,00	-25,00
ABC 03	Harian	209,00	261,00	234,14
	3 Harian	242,00	311,00	291,60
	Mingguan	269,00	319,00	290,88
	2 Mingguan	277,00	281,00	278,00
ABC 04	Harian	-67,00	76,00	9,21
	3 Harian	-13,00	55,00	32,90
	Mingguan	-24,00	47,00	9,25
	2 Mingguan	-11,00	4,00	-0,75

Berdasarkan tabel 5 tersebut, secara umum nilai ORP untuk keempat sampel sangat fluktuatif untuk siklus harian dan 3 harian, namun memasuki siklus mingguan, nilai ORP keempat sampel menunjukkan kecenderungan meningkat. Secara umum, nilai ORP berbanding terbalik dengan nilai pH. Pengukuran nilai ORP keempat sampel untuk setiap siklus penyiraman dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Pengukuran Nilai ORP Uji Kinetik.

Parameter TDS

Berdasarkan hasil pengukuran TDS air lindian (*leachate*) pada uji kinetik, diperoleh data seperti ditunjukkan pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6 Nilai TDS Hasil Uji Kinetik.

Sampel	Siklus	TDS (ppm)		
		TDS Min	TDS Max	TDS Rata-Rata
ABC 01	Harian	27,40	4130,00	405,64
	3 Harian	59,40	162,00	82,00
	Mingguan	87,30	179,00	122,81
	2 Mingguan	259,00	313,00	296,75
ABC 02	Harian	123,10	6150,00	567,32
	3 Harian	165,00	551,00	365,40
	Mingguan	73,10	629,00	394,64
	2 Mingguan	416,00	609,00	506,00
ABC 03	Harian	372,0	10720,0	1104,9
	3 Harian	540,0	4350,0	3037,7
	Mingguan	2610,0	5120,0	3660,0
	2 Mingguan	2580,0	2850,0	2717,5
ABC 04	Harian	48,70	5720,00	445,87
	3 Harian	79,20	522,00	353,82
	Mingguan	203,00	465,00	334,88
	2 Mingguan	104,60	263,00	187,28

Berdasarkan tabel 6 diatas, pada awal siklus harian, nilai TDS untuk keempat sampel sangat fluktuatif yang disebabkan oleh *initial flushing*, namun memasuki siklus mingguan, nilai TDS untuk keempat sampel cenderung stabil dan menunjukkan *trend* tertentu seperti yang ditunjukkan oleh gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik Pengukuran Nilai TDS Uji Kinetik.

Hasil uji kinetik digunakan untuk memverifikasi karakterisasi geokimia sampel batuan berdasarkan uji statik. Interpretasi hasil uji kinetik dilakukan dengan membandingkan nilai pH dan TDS air lindian dengan nilai pH dan TDS AAT. AAT biasanya memiliki nilai pH < 4,5 dan TDS yang tinggi (>800 ppm). Nilai pH dan TDS untuk masing-masing sampel batuan pengapit lapisan batubara hasil uji kinetik dapat dilihat pada tabel 7 berikut:

Tabel 7. Nilai pH dan TDS Sampel Air Lindian.

Sampel	Parameter		Klasifikasi Geokimia
	pH	TDS Rata-rata (ppm)	
ABC 01	3,59 s.d 6,97	226,8	PAF
ABC 02	6,21 s.d 9,63	458,34	NAF
ABC 03	1,89 s.d 3,54	2630	PAF
ABC 04	5,69 s.d 8,20	330,46	NAF

Berdasarkan tabel 7 diatas, sampel ABC 01 digolongkan sebagai PAF. Meskipun memiliki nilai TDS yang rendah (< 800 ppm) namun nilai pH nya terus mengalami penurunan dari 6,97 pada siklus harian hingga mencapai 3,59 pada siklus 2 mingguan. Sampel ABC 02 diklasifikasikan sebagai NAF karena nilai pH nya selalu berada diatas 6, sejak siklus harian hingga 2 mingguan. Begitu pula dengan sampel ABC 04 yang memiliki nilai pH berkisar antara 5,69-8,20 (> 4,5) dari siklus harian hingga siklus 2 mingguan sehingga diklasifikasikan sebagai NAF. Untuk sampel ABC 03, nilai pH nya berkisar antara 1,89-3,54 (< 4,5) dari siklus harian hingga siklus 2 mingguan, serta memiliki kandungan TDS rata-rata yang tinggi yakni 2630,02 ppm (> 800 ppm) sehingga diklasifikasikan sebagai PAF.

C.3. Karakterisasi Geokimia Batuan

Berdasarkan interpretasi hasil uji statik dan kinetik, dapat ditentukan karakteristik geokimia sampel batuan, seperti dapat dilihat pada tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Karakterisasi Geokimia Sampel Batuan.

Sampel	Interpretasi Uji Statik	Interpretasi Uji Kinetik	Karakterisasi Geokimia
ABC 01	PAF	PAF	PAF
ABC 02	PAF	NAF	NAF
ABC 03	PAF	PAF	PAF
ABC 04	PAF	NAF	NAF

Dari tabel 8 diatas, sampel ABC 01 dan ABC 03 diklasifikasikan sebagai PAF, sedangkan sampel ABC 02 dan ABC 04 diklasifikasikan sebagai NAF. Meskipun berdasarkan kriteria penapisan hasil uji statik keempat sampel tergolong PAF, namun dari hasil uji kinetik hanya sampel ABC 01 dan ABC 03 yang memiliki nilai pH yang sesuai dengan pH AAT, yakni < 4,5. Karena uji kinetik merupakan simulasi proses oksidasi dan pelindian batuan yang terjadi di lapangan, maka hasil uji kinetik lebih diyakini tingkat kebenarannya dibandingkan hasil uji statik, sehingga hanya sampel ABC 01 dan ABC 03 yang dikategorikan sebagai PAF.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji statik dan kinetik skala laboratorium, karakterisasi geokimia sampel batuan pengapit lapisan batubara dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

- a. Sampel ABC 01 dan ABC 03 diklasifikasikan sebagai material yang berpotensi membangkitkan asam (*potentially acid forming* / PAF)

- b. Sampel ABC 02 dan ABC 04 diklasifikasikan sebagai material yang tidak berpotensi membangkitkan asam (*non-acid forming* / NAF)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak Dr.Eng. Ginting Jalu Kusuma, S.T., M.T. selaku dosen program studi Rekayasa Pertambangan Institut Teknologi Bandung serta rekan-rekan Inspektur Tambang penempatan provinsi Kalimantan Barat yang selalu memberikan dukungan kepada penulis untuk menerbitkan tulisan ini

DAFTAR PUSTAKA

- AMIRA International. (2002): *ARD test handbook*, Ian Wak Research Institute, New Zealand, A-1 – A-8, F1 – F6.
- Gautama, R.S. (2014): *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang*, Institut Teknologi Bandung, 42 – 53.
- Republik Indonesia. (2018): *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1827K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*, Jakarta, 60.

Daftar Pustaka dari Situs Internet (*web site*):

- Air asam tambang*, data diperoleh melalui situs internet: <https://www.msonnyabf.id/air-asam-tambang/>. Diakses pada tanggal 5 Agustus 2018
- Negara pengekspor batubara tahun 2021*, data diperoleh melalui situs internet: <http://www.worldstopexports.com/coal-exports-country/>. Diakses pada tanggal 27 Agustus 2022